

原子核乳剤による暗黒物質検出:再結合過程の分析

Analysis of Recombination Processes in Nuclear Emulsions for Dark Mater Detection

日本写真学会¹, ナポリ大², 東京工芸大³, 東邦大⁴, 名大⁵ ○谷 忠昭¹, 浅田貴志², 内田孝幸³, 中 竜大^{4, 5}

Soc. Photogr. Imaging Jpn.¹, Napoli Univ.², Tokyo Polytec. Univ.³, Toho Univ.⁴, Nagoya Univ.⁵

○Tadaaki Tani¹, Takashi Asada², Takayuki Uchida³, Tatsuhiko Naka^{4,5}

E-mail: tadaakitani@mbr.nifty.com

＜緒言＞暗黒物質 (DM) の反跳核が原子核乳剤の AgBrI 粒子を通過する際に発生する電子で潜像 Ag_nを形成し、現像でその AgBrI 粒子を還元して生成する Ag 粒子を顕微鏡で読み取り DM を検出しようとしている¹。本研究では潜像形成の妨げとなる再結合過程の機構を分析し、抑制の施策を考察する。

最小の潜像中心は Ag₄であるが、DM 粒子の反跳核は DM 検出用乳剤中の AgBrI 粒子 (70nm) を 100fs で通過して~1800 個もの電子正孔対を発生させる。前報では AgBr 粒子の時間分解光伝導法の測定結果から、~20ns 以内に起こる速い再結合 (直接再結合) と数日にわたる遅い再結合 (先に生成した Ag_nと後で正孔より生成する Br₂の反応) が潜像形成の妨げであることを示した²。DM 検出用乳剤では DM 反跳核の通過で多量に発生する Br₂の処理を意図して亜硫酸ナトリウム (SS) が導入されるので、SS が遅い再結合に及ぼす効果に注目した。

＜試料と実験＞本研究では粒子サイズが ~70nm の AgBrI 粒子 (コアシェル構造; AgI は 4 モル%でコア部に固溶体導入) からなる NIT³を用いた。DM 検出の模擬実験では SS を Dip 法 (0.04M の SS 水溶液に 15 分浸漬) で乳剤膜に導入し、真空中低温 (-21.5 & -50.3℃) で低速 C イオンを照射し、自然昇温後一晩で真空解除し現像した。参照実験として Dip 法およ

び Pre-mix 法 (Dip 法と同密度の SS を乳剤に添加) で SS を乳剤膜中に導入し、α線および γ線を照射し、保存条件などを変えた。乳剤膜などの電子状態を大気中光電子収量分光法 (PYSA; 理研計器 AC-2) で測定した。

＜結果と考察＞模擬実験で形成された潜像は、通常の実験条件 (大気中低温保存) では減衰がかなり抑えられていたが、大気中室温で保存すると減衰が速くなり 20 週間後にはほとんどが消失した。参照実験で、SS は潜像の遅い再結合の速度を減少させ、温度依存性を大きくしていることが分かった。また、大きい潜像中心は減衰の速度が遅いことも分かった。

乳剤膜の PYSA を測定したところ、SS を導入した膜から閾値~5.6eV で強い光電子の放出が観測された。ゼラチン膜および SS を添加したゼラチン膜からではなく SS と銀イオンを添加したゼラチン膜から同様の強い光電子放出が観測されたので、Ag(SO₃)₂³⁻錯イオンが中心の Ag イオンから光電子を放出したものと帰属し、遅い再結合や潜像形成過程への影響の機構を考察している。

＜参考文献＞1) T. Naka, T. Asada, et al., Nuclear Inst. and Methods in Physical Research A 718, 519-521 (2013)., 2) T. Tani, T. Naka, ibid. 1046 (2023) 167633, 3) T. Asada, T. Naka, et al., Prog. Theor. Exp. Phys. (2007) 2017(6): 063H01